FU Berlin, Institut für Informatik, WS 2001/02

Binärcodierung

Von den Trigrammen und Hexagrammen

des Buchs der Wandlungen (I Ging)

über Leibniz zum ASCII-Code

Andreas Gramm

Inhalt

1. *Zur Bedeutung der Binärcodierung für die Informationstechnologie*

Die Entdeckung des binären Zahlensystems und der darauf basierenden Digitaltechnik war eine der zentralen Voraussetzungen für die Entwicklung der heutigen Informationstechnologie. Vor allem in der Einfachheit der elementaren Rechenoperationen liegt die große Bedeutung des Binärsystems für die Informationstechnologie begründet. Die Tatsache, daß nur 4 Elementaroperationen pro Grundrechenart beherrscht werden müssen, ermöglicht eine einfache Automatisierung. Alle Darstellungen mit einer höheren Basis hätten einen größeren Rechenaufwand zur Folge. Dieser Vorteil rechtfertigt auch eine Umrechnung der Daten bei Ein- und Ausgabe in den / aus dem Computer (vgl. Gumin 1966:39).

Einen Teilaspekt dieser Entwicklung stellen sogenannte Binärcodes dar, die es erlauben, Informationen in eine digitale Repräsentation zu überführen, um eine Verarbeitung durch digitale Prozesse wie zum Beispiel die Suche über Datenbanken oder Manipulation von numerischen und graphischen Daten zu erlauben.

Es ist wichtig aufzuzeigen, das Informatik eine Geschichte hat und nicht als zufälliger Computerboom entstanden ist. Die Entwicklung der Binärtechnik stellt einen Meilenstein in dieser Entwicklung dar und sollte daher in keiner Unterrichtseinheit über die Geschichte der Informatik fehlen. Ziel dieser Arbeit ist es, aufzuzeigen, wie die Entwicklung verschiedener Binärcodes im Informatikunterricht behandelt werden kann, und zu zeigen, warum die Geschichte der Binärtechnik als Thema im Informatikunterricht eine Berechtigung hat.

2. *Kriterien von Binärcodes*

Ein **Code** oder eine **Codierung** ist eine Vorschrift zur Abbildung eines Zeichenvorrates in einen anderen Zeichenvorrat oder Wortvorrat. Auch die Bildmenge einer solchen Abbildung wird als Code bezeichnet. (Bauer/Goos 1982:33). Während kommerzielle und kryptographische Codes natürliche Sprache auf Alphabete eines künstlich festgelegten Ziffern- oder Buchstabenalphabets abbilden, werden in technischen Codes

Informationen im Allgemeinen durch Binärwörter codiert. Die Codierung erfolgt bei solchen Binärcodes über einem **binären Alphabet** der Zeichenmenge 2 mit den abstrakten Werten { O, L } (Bauer/Goos 1982:37). Konkret wurden in der Geschichte verschiedene **Binärzeichen** gebraucht, so z.B. durchgängige und gebrochene Linien { – – , — } in den Trigrammen des *I Ching*, Fackeln, Flaggen und Semaphore bei der optischen Telegraphie, die Zeichen { A, B } bei *Bacon*, Punkt und Strich { ·, – } im internationalen Morsecode. In den technischen Codes hat sich wegen der Nähe zur tatsächlichen Darstellung in den Speicherbauteilen die bereits von Leibniz benutze Darstellung als logische { 0, 1 } etabliert.
Ein Binärcode läßt sich durch verschiedene Kriterien und Merkmale beschreiben:
Ein **Binärwort** ist eine Kombinationen von Binärzeichen also. Ein **Binärcode** legt also fest, welches Binärwort einem Zeichen des zu codierenden Alphabets entspricht. Nicht immer entspricht die Anzahl der zu codierenden Zeichen der Anzahl der möglichen Binärwörtern. Ist einer möglichen Bitkombination kein Zeichen zugeordnet, so ist die Abbildung unbestimmt, man spricht von einem **Pseudowort**.
Es gibt Codes mit fester und variabler Wortlänge. Die mittlere Wortlänge der zu codierenden Zeichen eines Codes wird als **Codierungsaufwand** bezeichnet. Man spricht von einem **Bacon-Code** wenn dieser ein feste Wortlänge aufzeigt. Ein Bacon-Code mit der Codewortlänge n bietet die Möglichkeit 2^n Wörter zu codieren. Fast alle heutigen Binärcodes sind Bacon-Codes, was vor allem in der festen Länge der Register und Speicherbauteile und der Möglichkeit zur Parallelübertragung begründet ist. Beispiele für **Codes verschiedener Wortlänge** sind der Morsecode, der alte Wählcode für analoge Telefone sowie der Huffmanncode. Probleme ergeben sich bei der Erkennung des Wortendes. So wird zum Beispiel beim Morsecode die Lücke als drittes Zeichen eingeführt (also kein Binärcode im engeren Sinne mehr), beim Huffmann-Code wird die **Präfixeigenschaft** als zusätzliches Kriterium aufgenommen, ein Codewort darf kein anderes Codewort als Präfix enthalten.
Man spricht von einer **direkten** Codierung wenn diese lexikographisch oder semantisch angelegt ist, z.B. der ASCII-Code in dem die letzten 5 Bit

der Codierung der Buchstaben der Dualzahl ihrer Stellung im Alphabet entspricht. (vgl. Bauer/Goos 1982:38)

Bei **Kettencodes** werden die Wörter des Alphabets durch Verschieben eines Ablese-Fensters der Länge n bei einer Wortlänge von 2n Bits generiert. Der erste Kettencode Wortlänge 5 wurde 1882 von Baudot erfunden (Bauer/Goos 1982:38). Die Verwendung von **Stellenwertcodes** vereinfacht eine Addition durch Maschinen (Bauer/Goos 1982:38).

Als **Hamming-Abstand** wird die Anzahl unterschiedlich gesetzter Bits in zwei Binärwörtern bezeichnet. Ein Fehler kann erkannt werden, wenn ein fehlerhaftes Bit immer zu einem Pseudowort führt. Ist der kleinste Hamming-Abstand in einer Menge von Binärwörtern n, so können also garantiert bis zu f = n-1 Bitfehler erkannt werden.

Ist der Hamming-Abstand größer 2 f , so lassen sich f Bitfehler korrigieren, da jeweils f Bitfehler in zwei Binärwörtern immer noch zu unterscheidbaren Pseudowörtern führen.

	direkter BCD-Code (binary coding decimal)			
0	O	O	O	O
1	O	O	O	L
2	O	O	L	O
3	O	O	L	L
4	O	L	O	O
5	O	L	O	L
6	O	L	L	O
7	O	L	L	L
8	L	O	O	O
9	L	O	O	L
+	L	O	L	L
–	L	L	O	L
·	L	L	L	O

Abb. 1 Der BCD-Code

Bedeutende Binärcodes mit markanten Merkmalen sind unter anderem der BCD-Code, der Grey-Code sowie der weit verbreitete ASCII-Code:

Der **BCD -Code** (Binary Coding Decimal) ist ein direkter 4-Bit Code, der Dezimalzahlen sowie deren Vorzeichen und Dezimalpunkt nach Ziffern entsprechend der Dualzahl der jeweiligen Ziffer codiert (Graf:37).

	Gray-Code			
0	O	O	O	O
1	O	O	O	L
2	O	O	L	L
3	O	O	L	O
4	O	L	L	O
5	O	L	L	L
6	O	L	O	L
7	O	L	O	O
8	L	L	O	O
9	L	L	O	L
+	L	O	L	L
–	L	L	L	L
·	L	L	L	O

Abb. 2 Der Grey-Code

Der **Gray-Code** (Abb. 2) hat die markante Eigenschaft **einschrittig** zu sein. Es werden Dezimalzahlen nach Ziffern so codiert, dass sich zwei benachbarte Ziffern (z.B. 2 und 3, 7 und 8) nur in einer Stelle unterscheiden (s. Abb.3). Anwendung finden einschrittige Codes vor allem beim Diskretisieren analoger Werte von z.B. Photodioden oder Analogen Audioquellen (vgl. Graf 1981). Erste Verwendung fand dieser Code in Baudots Druckertelegraph von 1874 (Bauer/Goos 1982:38).

Abb. 3 Einfache Diskretisier-ung von Werten mittels Grey-Codes

Der **ASCII -Code** ist identisch mit dem **ISO 7-Bit Code** (auch als **DIN 66003** bekannt). Er hat die Wortlänge 7 und codiert Dezimalziffern, die Buchstaben des lateinischen Alphabets sowie Sonder- und Steuerzeichen. Von den 128 möglichen Binärwörtern sind 27 Pseudowörter.

3. *Die Entwicklung verschiedener Binärcodes*

Eine der ältesten überlieferten Schriftstücke die eine Art von Binärcodierung aufweisen ist das chinesische Buch der Wandlungen (I Ching). Für die Nachrichtenübermittlung soll Polybius im Altertum bereits einen Binärcode eingesetzt haben: ein bis fünf Fackeln wurden in beiden Händen gehalten um so 25 Buchstaben zu codieren. Diese Art der Nachrichtenübermittlung war auch im Mittelalter weit verbreitet. Später entwickelte sich daraus die optische Telegraphie, mit der bereits zu Napoleons Zeiten Nachrichten binnen 15 Minuten über 1000km übermittelt werden konnten. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die optischen Telegraphen zumindest auf dem Festland von elektronischen Fernschreibern ersetzt.

Bei der Volkszählung in den USA wurden 1889 erstmals von Hollerith entwickelte Lochkarten eingesetzt. Die Lochkartentechnik wurde ursprünglich ab 1801 zur Steuerung von Webstühlen eingesetzt, später wurden nach diesem Prinzip auch Musikautomaten entwickelt. Im Jahr 1931 wurde dann die erste alphanumerische Lochkartenmaschine eingeführt. (vgl., Bauer/Goos 1982:300 ff.)

Grundlage all dieser technischen Entwicklungen war das Vorhandensein von Binärcodes. Ich werde im Folgenden auf die Entwicklung von drei ihrer Zeit richtungsweisenden Binärcodes eingehen, der Repräsentation von Weisheiten in einem auf einer binären Schreibweise basierenden System von Hexagrammen im I Ching, der Notation von Dualzahlen im Binärsystem bei Leibniz sowie dem heutzutage sehr weit verbreiteten ASCII-Code.

3.1 Die Hexagramme des Buchs der Wandlungen **I Ching***:*

Die Entstehung des chinesischen *I Ching,* was übersetzt *Buch der Wandlungen* bedeutet, ist ungefähr auf das 8.Jahrhundert v.Chr. datiert und soll von mehreren chinesischen Königen verfaßt worden sein (vgl. Zacher 1973:77). Das Buch stellt eine Abhandlung über ein System von 64 Hexagrammen dar, denen gewisse Eigenschaften zugesprochen wurden. Ferner gibt es einen später kontinuierlich erweiterten Anhang, in dem diese Eigenschaften interpretiert werden, so dass das Buch als ein zentrales Werk früher chinesischer Weisheit gilt. Die Weisheiten und Erläuterungen wurden auf politische Entscheidungen und Fragen des sozialen Zusammenlebens und moralischen Verhaltens angewandt (vgl. Zacher 1973:78). Selbst naturwissenschaftliche Phänomene sollten mit Hilfe des Buches der Wandlungen beschrieben und erklärt werden (vgl. Zacher 1973:81).

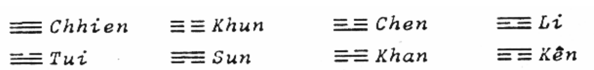

Abb. 4 Die acht Trigramme des *I Ching*.

Ein Hexagramm besteht aus einer Kombination von zwei Trigrammen. Ein solches Trigramm besteht aus drei waagerechten Linien, die entweder durchgängig oder in der Mitte durchbrochen gezeichnet werden (s. Abb. 4) Eine solche Linie ist also formal als Binärzeichen zu sehen. Die damit ausgedrückte Gegensätzlichkeit wurde später unter anderem im Sinne des *Yin-Yang-*Dualismus interpretiert (vgl. Zacher 1973:83). Die acht Trigramme werden den verschiedenen Himmelsrichtungen sowie den Naturelementen Wasser, Feuer, Erde, Wind, Himmel, Berg, See, Donner zugeschrieben (s. Abb. 5) (Zacher 1973:81).

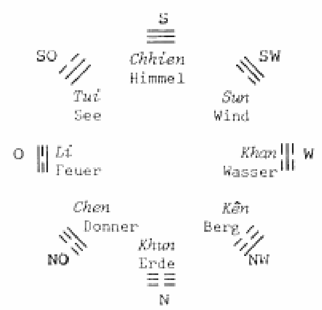

Abb. 5 Zuordnung der Himmelsrichtungen und Naturelemente.

Die 64 möglichen Kombinationen der Trigramme wurden nun mit weiteren Bedeutungen in Verbindung gebracht und nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet. Eine der

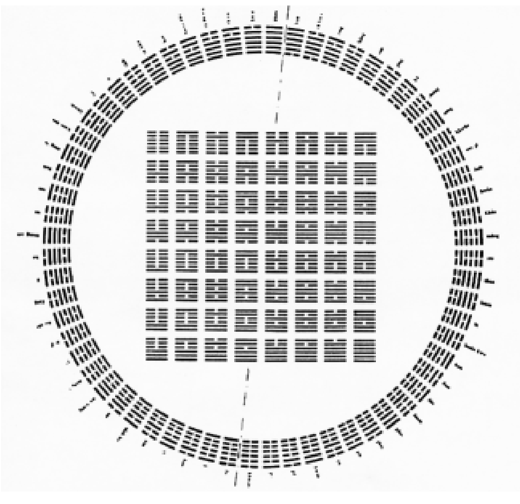
Abb. 6 Die Hexagramme in der FU-HSI Ordnung

dominantesten Ordnungen ist die des FU-HSI (s. Abb. 6).

Zu Leibniz‘ Zeiten war das *I Ching* unter Wissenschaftlern bekannt. *Bouvet* entdeckte Parallelen zu der von Leibniz entwickelten Dyadik und wies ihn in Briefen darauf hin. *Tentzel* folgerte aus der aufgedeckten Analogie die Identität der beiden Zahlensysteme und meinte demnach, Leibniz habe das Binärsystem nur wieder entdeckt (Zacher 1973:74). Dem ist gegenüberzustellen, daß, obwohl binäre Zeichen den Trigrammen zugrunde liegen, diese im Ursprung nicht in isolierter Form betrachtet wurden. Letztendlich basiert die Interpretation des chinesische Systems auf den Trigrammen und nicht deren binären Komponenten.

3.2 Die Einsen und Nullen der Leibnizschen Dyadik

Abb. 7 Die Dualzahlen 1 – 16 in Leibniz’ Handschrift

Zu Leibniz‘ Lebzeiten schien es sehr verwirrend dass „der große Leibniz es der Mühe Wert erachtet hatte, sich mit nur zwei Ziffern zu beschäftigen“ (Greve 1966:22). Nach *Vorndran* liegt dem eine philosophische Motivation zugrunde: Ausgangspunkt sei „der Gedanke, daß die Welt aus der Gegensätzlichkeit zweier Prinzipien besteht. Die Gegensätzlichkeit ist einerseits das *Nichts*, die *Null*, und andererseits das *Sein*, [...] die *Eins*“ (Vorndran 1986:45). Die Beschränkung der Zeichenmenge auf 2 war spätestens seit Baudot keine neue Errungenschaft mehr. Doch hinter der direkten Binärcodierung von Dezimalzahlen in Form der entsprechenden Dualzahl mit Einsen und Nullen steckte eine mathematische Motivation: Mit einem Binärsystem zu rechnen und seine mathematischen Eigenschaften zu ergründen war allerdings eine Pionierleistung. Da Leibniz mit den Binärwörtern rechnete, lag eine Codierung mit der Zeichenmenge { 1, 0 } als Untermenge der geläufigen arabischen Ziffern nahe (s. Abb. 7, 8).

Abb. 8 Die Dualzahlen 32 – 64 in Leibniz’ Handschrift

Es entsteht der Eindruck, als habe Leibniz „die Dyadik als das einfachste Zahlensystem bei der bewußten Reflexion über das von *Weigel* untersuchte Vierersystem und einem erwogenen Zwölfersystem erfunden“ (Zacher 1973:15). Den erhaltenen Manuskripten und Briefen läßt sich entnehmen, dass Leibniz anhaltend von dem so seltsamen Zahlensystem fasziniert war. Als Pionier der Binärtechnik „beschränkte [er] sich nicht darauf, Vorhandenes zu registrieren und zu analysieren“, sondern „drang, getrieben von unstillbarem Verlangen nach dem Unerforschten, dem Neuen, in unbekannte Gebiete vor“ (Greve 1966:24).

Vor allem die Einfachheit von Addition und Multiplikation im binären Zahlensystem hatte Leibniz beeindruckt. Er skizzierte Rechenmaschinen für beide Grundrechenarten. Der Entwurf sieht die Verwendung von Rinnen vor durch die Kügelchen laufen, die an bestimmten Stellen durch verschließbare Löcher fallen. Ferner sieht er Löcher vor, in die nur eine Kugel paßt, eine zweite Kugel würde also, z.B. bei Berechnung eines Übertrags einen anderen Weg nehmen. Mit diesen von Leibniz erwogenen Komponenten ließen sich die Grundkomponenten heutiger Computer AND-, OR- und NOT-Gatter realisieren. Leider hat Leibniz nie versucht eine solche Maschine zu realisieren (Vorndran 1986:49).

Leibniz ahnte eine bedeutsame Verwendung für das neu entdeckte Zahlensystem: „hierin [in der Dyadik] liegt eine theoretische Arithmetik neuer Art beschlossen, die wir mit Ihnen als göttlich bezeichnen können, die aber vorerst nur in ihren Ansätzen sichtbar ist“ (Greeve 1966:26). Er wird noch konkreter, in einem Brief an einen Kollegen schreibt er: „Ich glaube zu sehen, dass durch dieses Mittel [...] etwas zu erreichen ist, was auf andere Weise nicht leicht gewonnen werden kann“ (Greeve 1966:27). Er spricht von einem „heiligen Joch“, einer Art Durchbruch also, wie die Entwicklung des Computer heute von Vielen gesehen wird.

Dennoch konnte Leibniz die Bedeutung seiner Forschung seinerzeit nicht rechtfertigen, er selbst suchte ständig nach höheren Zwecken (vgl. Greeve 1966:25f.). Auf die Frage auf welche Probleme die Dyadik nicht angewandt werden könne antwortet er 1679 enthusiastisch: „Alles kann mit dieser Methode gelöst werden.“ (Zacher 1973:4). Er suchte allgemeine Regeln für weitere Rechenoperationen, fand sie aber nicht. Auch erhoffte

Regelmäßigkeiten bei Primzahlen in der Binärdarstellung ließen sich nicht auffinden. Ferner hielt er die Dyadik für die Behandlung von Gleichungsproblemen hauptsächlich deshalb für geeignet, weil die Unbekannten nicht in Potenzen auftreten“ (Zacher 1973:4). Den entscheidenden Vorteil den er mit der Einfachheit des Systems bereits aufgedeckt hatte sah Leibniz nicht als Rechtfertigung für eine weitere Erforschungen des Binärsystems.

3.3 Informationscodierung mittels ASCII-Code

Der „Amerikanische Standard Code für Informationsaustausch“ ASCII wurde am 17. Juni 1963 als Standard X3.4-1963 von der ASA vorgeschlagen und 1968 in einer um Kleinbuchstaben erweiterten Version X3.4-1967 beschlossen. Der Code legt eine Zuteilung fest, bei der jedes Zeichen des lateinischen Alphabets und jeder arabischen Ziffer einem eindeutigen Wert entspricht (s. Abb.). Dazu wurde eine Reihe von Steuerzeichen festgelegt. Diese Standardisierung ermöglichte nun den Informationsaustausch zwischen verschiedenen Computersystemen. Es wurden 128 Zeichen festgelegt, woraus sich eine Zeichenlänge von 7 Bit ergibt.

Der ASCII-Code wurde später von der ISO als **ISO 7-Bit Code** übernommen und wurde in Deutschland als **DIN 66003** registriert.

Die zehn Ziffern des Dezimalsystems werden ab dem Wert #48 direkt codiert, so daß die letzten 4 Bits der Dualschreibweise der jeweiligen Ziffer entsprechen.

Die Buchstaben des lateinischen Alphabets sind in Großbuchstaben (#65 - #95) und Kleinbuchstaben (#96- #127) ebenfalls direkt codiert, d.h. der Wert der letzten 5 Bit entspricht der Position im Alphabet. Bei genauer Betrachtung der Werte der entsprechenden Binärwörter fällt auf, daß ein führendes Bit markiert, daß das codierte Zeichen einem Buchstaben entspricht, während das Bit an zweiter Position über große oder kleine Schreibweise des Zeichens entscheidet.

		7654321			7654321
0	NULL (Nil)	OOOOOOO	65	A	LOOOOOL
1		OOOOOOL	66	B	LOOOOLO
2		OOOOOLO	67	C	LOOOOLL
3		OOOOOLL	68	D	LOOOLOO
4		OOOOLOO	69	E	LOOOLOL
5		OOOOLOL	70	F	LOOOLLO
6		OOOOLLO	71	G	LOOOLLL
7		OOOOLLL	72	H	LOOLOOO
8	BS (Rückwärtsschritt)	OOOLOOO	73	I	LOOLOOL
9		OOOLOOL	74	J	LOOLOLO
10	LF (Zeilenvorschub)	OOOLOLO	75	K	LOOLOLL
11		OOOLOLL	76	L	LOOLLOO
12		OOOLLOO	77	M	LOOLLOL
13	CR (Wagenrücklauf)	OOOLLOL	78	N	LOOLLLO
14		OOOLLLO	79	O	LOOLLLL
15		OOOLLLL	80	P	LOLOOOO
16		OOLOOOO	81	Q	LOLOOOL
17		OOLOOOL	82	R	LOLOOLO
18		OOLOOLO	83	S	LOLOOLL
19		OOLOOLL	84	T	LOLOLOO
20		OOLOLOO	85	U	LOLOLOL
21		OOLOLOL	86	V	LOLOLLO
22		OOLOLLO	87	W	LOLOLLL
23		OOLOLLL	88	X	LOLLOOO
24		OOLLOOO	89	Y	LOLLOOL
25		OOLLOOL	90	Z	LOLLOLO
26		OOLLOLO	91	(Ä)	LOLLOLL
27		OOLLOLL	92	(Ö)	LOLLLOO
28		OOLLLOO	93	(Ü)	LOLLLOL
29		OOLLLOL	94	^ (Zirkumflex)	LOLLLLO
30		OOLLLLO	95	_ (Unterstreichung)	LOLLLLL
31		OOLLLLL	96	` (Gravis)	LLOOOOO
32	SP (Zwischenraum)	OLOOOOO	97	a (Kleinschreibung)	LLOOOOL
33	!	OLOOOOL	98	b	LLOOOLO
34	"	OLOOOLO	99	c	LLOOOLL
35	#	OLOOOLL	100	d	LLOOLOO
36	($)	OLOOLOO	101	e	LLOOLOL
37	%	OLOOLOL	102	f	LLOOLLO
38	&	OLOOLLO	103	g	LLOOLLL
39	' (Apostroph, Akut)	OLOOLLL	104	h	LLOLOOO
40	(	OLOLOOO	105	i	LLOLOOL
41	)	OLOLOOL	106	j	LLOLOLO
42	*	OLOLOLO	107	k	LLOLOLL
43	+	OLOLOLL	108	l	LLOLLOO
44	, (Komma)	OLOLLOO	109	m	LLOLLOL
45	–	OLOLLOL	110	n	LLOLLLO
46	. (Punkt)	OLOLLLO	111	o	LLOLLLL
47	/	OLOLLLL	112	p	LLLOOOO
48	0	OLLOOOO	113	q	LLLOOOL
49	1	OLLOOOL	114	r	LLLOOLO
50	2	OLLOOLO	115	s	LLLOOLL
51	3	OLLOOLL	116	t	LLLOLOO
52	4	OLLOLOO	117	u	LLLOLOL
53	5	OLLOLOL	118	v	LLLOLLO
54	6	OLLOLLO	119	w	LLLOLLL
55	7	OLLOLLL	120	x	LLLLOOO
56	8	OLLLOOO	121	y	LLLLOOL
57	9	OLLLOOL	122	z	LLLLOLO
58	:	OLLLOLO	123	(ä)	LLLLOLL
59	;	OLLLOLL	124	(ö)	LLLLLOO
60	<	OLLLLOO	125	(ü)	LLLLLOL
61	=	OLLLLOL	126	(ß)	LLLLLLO
62	>	OLLLLLO	127	DEL (Löschen einer Irrung)	LLLLLLL
63	?	OLLLLLL			
64	(§)	LOOOOOO			

Abb. 9 Die 128 Zeichen des ASCII-Code

Dies erleichtert die Auswertung von im ASCII-Code codierter Informationen durch den Computer.

Sonder- und Steuerzeichen sind an verschiedenen Positionen im Code zu finden. 27 Pseudowörter blieben unbestimmt.

Später entwickelte erweiterte 8-Bit-Versionen des ASCII-Satz haben 256 Zeichen, um weitere, teilweise Länder-abhängige Sonderzeichen zu codieren.

Leider gibt es aber sehr verschiedene Versionen, die sich voneinander unterscheiden, was eine einheitliche Decodierung verhindert (vgl. Jennings 2002). Spätere Entwicklungen wie der Unicode versuchen durch eine größere Wortlänge (16 Bit, 32 Bit) die verschiedenen Alphabete einzubeziehen.

4. Die Entwicklung des Binärsystems im Informatikunterricht

Wie schon in der Einleitung erwähnt ist es wichtig die SchülerInnen für die Tatsache zu sensibilisieren, daß der heutige Stand der Informationstechnologie Ergebnis einer nachhaltigen historischen Entwicklung ist und nicht zufällig entdeckt wurde. Im Zusammenhang mit der historischen Dimension und den Umständen ihrer Entwicklung sollen die SchülerInnen verschiedene Kriterien von Binärcodes erkennen und den Aspekten der jeweiligen Einsatzgebiete zuordnen können. Sie sollten somit die Bedeutung von Binärcodes für die Informatik erkennen.

Ich werde im Folgenden zwei konkrete Vorschläge entwickeln, die versuchen durch geeignete didaktische Mittel den relevanten Stoff zu vermitteln. Im ersten Beispiel wird durch Gruppenarbeit der nötige Raum gegeben einen Teilaspekt in seiner Gänze zu erarbeiten, in einer weiteren Phase werden die erworbenen Basiskenntnisse um die Beschreibung weiterer zentraler Aspekte ergänzt. Der zweite Vorschlag zielt auf die Anwendung der erwähnten Techniken mit Schwerpunkt auf den Auswirkungen des Kriteriums feste versus variable Wortlänge.

4.1 Vergleich der Entwicklung verschiedener Codes

Im diesem Unterrichtsvorschlag wird durch Gruppenarbeit für jeden Schüler genügend Raum gegeben, exemplarisch die Entwicklung und die Eigenschaften eines der verschiedenen Binärcodes - z.B. Grey-, Huffmann- oder ASCII-Code - zu erarbeiten. Da Binärcodierung als eine der Basistechniken der Informatik schon recht früh vermittelt wird, ist darauf zu achten, daß die Texte allgemein verständlich sind und den SchülerInnen auch die benutzten mathematischen Begriffe und Konzepte bekannt sind.

Im Anschluß referieren die Gruppen über den von ihnen bearbeiteten Binärcode. Der Vortrag zeigt, ob grundlegende Ideen richtig verstanden wurden und bietet dem Lehrenden die Möglichkeit korrigierend einzugreifen.

Da die Schüler ja bereits die Entwicklung eines Codes selbst erarbeitet haben sind sie bereits für die zentralen Aspekte eines Binärcodes sensibilisiert. Sie haben somit die Voraussetzung, dem Vortrag der anderen Gruppen zu folgen.

In einer dritten Arbeitsphase in der Form einer vom Lehrer gesteuerten Diskussion unter den Schülern werden Vor- und Nachteile der vorgestellten Codes und verschiedene Kriterien ihrer Einsatzmöglichkeiten erörtert. Zentrale Fragen wären zum Beispiel die feste Länge von Speicherbausteinen im Gegensatz zur erhöhten Geschwindigkeit beim Sortieren in Längen-optimierten Codes oder die intuitive Zeichenfindung im ASCII-Code entgegen der technischen Nähe des Grey-Codes für die Diskretisierung analoger Signale. Dadurch verstehen die SchülerInnen, daß verschiedene Binärcodes entwickelt wurden um optimale Lösungen für verschiedene Anwendungsbereiche zu finden.

4.2 Anwendung bei Datenkompression nach Huffmann

Der folgende Vorschlag für die Nutzung eines bestimmten Kriteriums für Binärcodes, die variable im Gegensatz zur festen Wortlänge, zeigt, wie die erwähnten Techniken im Informatikunterricht angewandt werden können.
Der Huffmann-Code ist ein Binärcode variabler Länge. Wie von Baumann vorgeschlagen, kann durch den vergleichsweise sparsamen Codierungsaufwand eine einfache Datenreduktion realisiert werden (Baumann 1994). Nach dem Huffmann-Algorithmus wird jedes zu codierenden Zeichen mit der Häufigkeit seinem Auftretens gewichtet. Ausgehend von den seltensten Zeichen wird nun ein Codebaum entwickelt. Zwei Zeichen werden mit einem Vater-Knoten verbunden, der mit der Summe der einzelnen Wahrscheinlichkeiten gewichtet wird, und so fort. Es entsteht ein Code, bei dem häufige Zeichen eine kürzere Wortlänge haben als solche die selten auftreten.
Nach Einführung des Algorithmus durch den Lehrenden entwickeln die SchülerInnen in drei Projektgruppen folgende Anwendungen:
Gruppe 1 entwickelt eine Methode, die basierend auf der Häufigkeit der verschiedenen Zeichen eines Textes nach dem Huffmannschen Algorithmus einen optimalen Code liefert.
Gruppe 2 entwickelt eine Anwendung, die eine Textdatei text.txt einließt und unter Benutzung der von Gruppe 1 entwickelten Methode den ermittelten Code sowie die Zeichen des Textes nach diesem codiert als Bitfolge in eine neue Datei text.huf schreibt. Bis zur Fertigstellung der Methode kann eine Dummy-Methode eingesetzt.
Gruppe 3 entwickelt einer Anwendung, die eine codierte Datei text.huf einließt und nach dem der eigentlichen Nachricht vorangestellten optimalen Code entschlüsselt wahlweise auf dem Bildschirm ausgibt oder in eine Datei text.txt schreibt.
Eine Voraussetzung ist, daß es in der Programmiersprache eine Möglichkeit gibt, einen Bitstrom zu schreiben, werden ‚0‘ und ‚1‘ als Zahlen oder Zeichen interpretiert, so wird die codierte Datei größer sein als die ursprüngliche Textdatei.

5. Historische Themen als interessanten Ausgangspunkt nutzen

Geschichte ist nicht was SchülerInnen vom Informatikunterricht erwarten. Es ist deshalb wichtig, ihnen die nachhaltigen Auswirkungen der historischen Entwicklungen aufzuzeigen. Es kommt vor allem auf grundlegende, richtungsweisende Ideen als auf konkrete technische Realisierungen an.

Das Binärsystem und die entsprechende Binärcodierung lassen sich aus rein technischen Gründen im Computer wiederfinden, nicht auf Grund historischer Erkenntnisse. Dennoch sind die Probleme die z.B. Leibniz oder Baudot damals beschäftigten stark mit den heutigen verwandt. Die Regeln für die elementaren Rechenoperationen im binären Zahlensystem sowie das Auffinden einer geeigneten Codierung bestimmen auch heute noch weite Felder der technischen Informatik, wie z.B. den Entwurf von Schaltwerken für Hardwarekomponenten oder die Manipulation von Datenströmen im Netzwerkbereich.

Die Behandlung im Unterricht darf die historische Entwicklung nicht zu sehr in den Mittelpunkt des Interesses stellen, sondern vielmehr als Ausgangspunkt für die Einführung in die Techniken der Binärcodierung nutzen.

6. Literatur

Bauer, F.L., / Goos, G. *Informatik - Éine einführende Übersicht* Springer Verlag. Berlin, 1982.

Baumann, Rüdiger „ Datenkompression nach Huffmann“ in *Login* 14 (1994) Heft 5/6, S. 58-62

Greve, Hermann J. „Entdeckung der binären Welt“ in *Herrn von Leibniz´ Rechnung mit Null und Eins* S.21-32. Siemens AG (Hrsg.). Berlin, München, 1966.

Graf, Klaus-Dieter *Informatik - Éine Einführung in Grundlagen und Methoden* Herder. Freiburg, 1981.

Gumin, Heinz „Die mathematischen Grundlagen der Dualzahlen und ihre Bedeutung für die Technik der Datenverarbeitung“ in *Herrn von Leibniz´ Rechnung mit Null und Eins* S.33-41. Siemens AG (Hrsg.). Berlin, München, 1966.

Jennings, Tom. *Annotated history of character codes.* <http://www.wps.com/texts/codes/> 05.01.02.

Vorndran, Edgar P. *Entwicklungsgeschichte des Computers*. VDE Verlag GmbH. Berlin, Offenbach, 1986.

Zacher, H.-J. *Die Hauptschriften zur Dyadik von Leibniz* Frankfurt/Main, 1973.